

人乳铁蛋白转基因和非转基因山羊奶中 蛋白质含量与必需氨基酸总量的检测与分析

邵泓^{1,2}, 何素婷², 包慧慧², 陈妙芬², 陈钢², 范国荣^{1*}

(1. 第二军医大学药学院, 上海 200433; 2. 上海市食品药品检验所, 上海 201203)

摘要: **目的** 测定人乳铁蛋白转基因山羊奶及非转基因山羊奶中蛋白质含量和7种必需氨基酸总量, 考察两种羊奶的上述两种成分是否存在显著差异, 为人乳铁蛋白转基因山羊奶的实质等同性评价提供依据。 **方法** 采用凯氏定氮法测定两种山羊泌乳30、60、90 d采集的羊奶中各90个样本的蛋白质含量; 采用OPA-FMOC柱前衍生高效液相色谱法测定山羊奶中的7种必需氨基酸总量, 用SPSS软件对测定结果进行统计学处理。 **结果** 泌乳30、60、90 d采集的样本中, 转基因山羊奶的平均蛋白质含量分别为43.41、35.98、35.64 g/L, 7种必需氨基酸的平均总量分别为17.73、14.91、14.78 g/L; 非转基因山羊奶的平均蛋白质含量分别为52.22、49.06、41.26 g/L, 7种必需氨基酸的平均总量分别为21.38、21.39、18.09 g/L。 **结论** 在3个时间段采集的样本中, 转基因与非转基因山羊奶中的蛋白质含量均存在显著性差异($P < 0.05$)。除30 d天采集的样本外, 60 d及90 d采集的样本中, 两种羊奶的7种必需氨基酸总量均存在显著性差异($P < 0.05$)。

关键词: 人乳铁蛋白; 转基因山羊奶; 非转基因山羊奶; 蛋白质含量; 必需氨基酸总量; 分析

Detection and analysis on protein content and EAA amounts in the human lactoferrin transgenic and non-GMO goats' milk

SHAO Hong^{1,2}, HE Su-Ting², BAO Hui-Hui², CHEN Miao-Fen², CHEN Gang², FAN Guo-Rong^{1*}

(1. Department of Pharmacy, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China;
2. Shanghai Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201203, China)

ABSTRACT: Objective To provide the reference for substantial equivalence evaluation on the quality of human lactoferrin transgenic goats' milk. The protein content and total amount of 7 kinds' essential amino acid (EAA) in human lactoferrin transgenic and non-GMO goats' milk were determined, and the difference in the above two components between the two kinds of goats' milk was investigated. **Methods** The Kjeldahl method was used to determine the protein content of 90 samples from two kinds of goats' milk, which were collected in the 30th, 60th and 90th lactating day. Total amount of 7 kinds' EAA was tested by HPLC with pre-column OPA&FMOC derivatization. All the data were analyzed with SPSS software. **Results** For the samples from the 30th, 60th and 90th lactating day, the average value of protein content in transgenic goats' milk was 43.41, 35.98, 35.64 g/L respectively, while that in non-GMO goats' milk was 52.22, 49.06, 41.26 g/L. The average

基金项目: 国家农业部转基因生物新品种培育科技重大专项(2009ZX08011-032B)

Fund: Supported by the Major Project for Cultivation Technology of New Varieties of Genetically Modified Organisms of the Ministry of Agriculture(2009ZX08011-032B)

*通讯作者: 范国荣, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为药物质量控制。E-mail: guofan@163.com

*Corresponding author: FAN Guo-Rong, Professor, Doctoral Tutor, Department of Pharmacy, Second Military Medical University, No.325, Guohe Road, Yangpu District, Shanghai 200433, China. E-mail: guofan@163.com

value of total amount of 7 kinds' EAA in transgenic goats' milk was 17.73, 14.91, 14.78 g/L respectively, while that in non-GMO goats' milk was 21.38, 21.39, 18.09 g/L. **Conclusion** For the samples from the 30th, 60th and 90th lactating day, there was a significant difference in protein content between the two kinds of goats' milk ($P \leq 0.05$). Except for the samples from the 30th lactating day, there was a significant difference in total amount of 7 kinds' EAA between the two kinds of goats' milk ($P \leq 0.05$).

KEY WORDS: human lactoferrin; transgenic goats' milk; non-GMO goats' milk; protein content; total amount of essential amino acids; analysis

1 引言

人乳铁蛋白是一种多功能的糖蛋白,广泛存在于各种分泌液如乳汁、唾液及眼泪中,其中以乳汁中的含量为最高。该蛋白是一种运铁蛋白,参与了铁元素的跨膜转运,具有抗菌、抗病毒、免疫生理调节^[1-4]等作用,被认为是一种极具开发潜力的营养添加剂。

人乳铁蛋白的多功能属性引发了人们的兴趣,获得高水平表达的人乳铁蛋白一直是研究的热点。自上世纪90年代以来,先后有文献报道了重组人乳铁蛋白在真菌、酵母菌、细菌及哺乳动物细胞中的表达的相关研究^[5-7]。本研究中的重组人乳铁蛋白转基因山羊是采用显微注射法,将人乳铁蛋白的表达框架DNA序列注入山羊受精卵的原核内,通过胚胎移植的方法再将受精卵移植入代孕山羊体内,足月后产出羔羊,羔羊经鉴定为转基因山羊。在第一代转基因山羊分泌的初乳中,人乳铁蛋白的表达量可达0.8 g/L^[8],为大规模生产人乳铁蛋白提供了新的途径。

在我国,有产业化价值的转基因动物是2004年之后才开始陆续获得,对转基因动物的安全评价还是新鲜事物,目前也还没有一例获得安全证书。因此转基因羊奶在实现人乳铁蛋白高表达的同时,人们也对其安全性提出质疑。本研究按照国际经济合作与发展组织提出的转基因食品安全性分析的原则——“实质等同性”原则^[9],对转基因山羊奶与非转基因山羊奶中的蛋白质含量及7种必需氨基酸总量进行了分析研究,考察两者间的含量是否存在差异,为建立转基因动物的食用安全性评价体系搭建基础。

2 材料与方法

2.1 仪器

FOSS 2400 型自动定氮仪(丹麦福斯特卡特公

司); 1100 型高压液相色谱仪(可在线柱前衍生),包括 G1311A 型四元泵, G1313A 型自动进样器, G1316A 型柱温箱, G1329A 型紫外检测器(美国 Agilent 公司)。

2.2 试剂和样品

17 种氨基酸混合对照(Waters 公司,批号 NH175698),本实验室标化的白蛋白质控品(200 g/L),水为纯化水,甲醇、乙腈为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

选取健康人乳铁蛋白转基因山羊及非转基因山羊各 30 头,分别在其泌乳 30、60、90 d 采集乳液 360 mL, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存,非转基因羊及转基因羊的母体均为关中奶山羊。本实验中的转基因山羊是第 3 代繁殖体,来自上海杰隆生物工程有限公司三灶实验羊基地。(样品采集由上海杰隆生物工程股份有限公司完成,共计 180 份样本。)

2.3 试验方法

2.3.1 蛋白质含量

2.3.1.1 测定法^[10]

采用凯氏定氮法,精密量取样品 2 mL,置 10 mL 量瓶中,加水至刻度,量取上述溶液 2 mL 置 250 mL 消化管中,加硫酸 5 mL 消化定氮,计算总氮量(g/L)。另精密量取样品 5 mL,置 20 mL 量瓶中,加 15% 三氯醋酸溶液至刻度,摇匀,静置 30 min,滤过,量取续滤液 5 mL 置 250 mL 消化管中,加硫酸 5 mL 消化定氮,计算非蛋白氮(g/L)。按下式计算蛋白质含量。

$$\text{蛋白质含量(g/L)} = (\text{总氮量} - \text{非蛋白氮}) \times 6.38^{[11]}$$

2.3.1.2 加样回收率

精密量取样品及白蛋白质控品稀释液(50 g/L)等量混匀,照 2.3.1.1 项下测定总氮量和非蛋白氮,并计算蛋白质回收率(%)。氮转化为蛋白质的转化系数:白蛋白为 6.25^[10],羊奶为 6.38。

2.3.2 7种必需氨基酸总量

2.3.2.1 色谱条件^[12]

色谱柱为 Thermo ODS-hypersil C₁₈ 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相 A: 0.05 mol/L 醋酸钠溶液-三乙胺-四氢呋喃(950:0.14:5, v/v/v, 用2%醋酸溶液调节 pH 至 6.8), 流动相 B: 0.16 mol/L 醋酸钠溶液(用2%醋酸溶液调节 pH 至 6.8)-甲醇-乙腈(200:400:400, v/v/v); 检测波长 338 nm(0~26.0 min)/262 nm(26.1 min 以后); 柱温 40 °C。梯度洗脱条件见表 1。

表 1 梯度洗脱条件
Table 1 Gradient elution conditions

时间 (min)	流动相 A (%)	流动相 B (%)	流速 (mL/min)
0	92	8	1
27	40	60	1
31	0	100	1
31.5	0	100	1.2
38	0	100	1.2
38.1	92	8	1
41	92	8	1

2.3.2.2 对照溶液

取氨基酸混合对照溶液 1 支, 加水配制成含各种氨基酸均为 0.625 mmol/L 的溶液。

2.3.2.3 供试品溶液

精密量取样品 250 μL, 置小瓶中, 加 6 mol/L 盐酸溶液 1 mL, 小瓶加塞, 压盖, 置 110 °C 烘箱中放置 16 h 进行蛋白质水解。取出, 将小瓶中内容物转移至蒸馏瓶中, 加入适量 0.01 mol/L 盐酸溶液洗涤小瓶, 合并洗液, 将蒸馏瓶中溶液旋转蒸干, 精密加入 0.1 mol/L 盐酸 5 mL 复溶, 滤过, 取续滤液。

2.3.2.4 测定法

分别取对照品溶液和供试品溶液各 1 μL、0.4 mol/L 硼酸缓冲液(pH 10.2)5 μL 和邻苯二甲醛(OPA)衍生试剂 1 μL, 混合 10 次, 再加入 9-芴基氯甲酸甲酯(FMOC)衍生试剂 1 μL, 混合 30 次, 再加入水 32 μL, 混合 2 次后直接注入高效液相色谱仪分析(注: 上述过程均为在线衍生, 仪器可自动完成), 按外标法以峰面积计算 7 种必需氨基酸(赖氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸及缬氨酸)的总量。

2.3.2.5 方法学验证

取对照溶液重复进样 6 次, 计算各氨基酸峰重复性试验结果; 取对照溶液进行各氨基酸浓度约为 0.025~2.5 mmol/L 的线性试验; 取供试品溶液和对照溶液适量进行 80%、100%、120% 三点加样回收率试验; 另取线性最低点溶液稀释, 以信噪比为 10:1 时的相应浓度确定最低定量限。

3 结果与分析

3.1 蛋白质含量

3.1.1 加样回收率

按 2.3.1.2 项下操作, 加样回收率平均结果为 100.9%, RSD% 为 0.8($n=4$), 表明方法的准确性良好。

3.1.2 不同泌乳时间对转基因羊奶及非转基因羊奶中蛋白质含量的影响

以泌乳 30、60、90 d 采集的转基因羊奶的 90 个蛋白质含量数据为一个样本, 因样本数>50, 符合正态分布总体。采用单因素方差分析来考察 3 个水平: 泌乳 30、60、90 d 对样品中蛋白质含量的影响。SPSS 软件处理结果见表 2。

表 2 不同泌乳时间对蛋白质含量影响的方差分析
Table 2 Variance analysis on protein content of samples from different lactating days

		Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Sig.
转基因山羊奶	Between Groups	1155.867	2	577.933	3.276	0.042
	Within Groups	15346.047	87	176.391		
	Total	16501.914	89			
非转基因山羊奶	Between Groups	1910.227	2	955.113	5.056	0.008
	Within Groups	16435.545	87	188.914		
	Total	18345.771	89			

从表中可知,转基因和非转基因山羊奶两组的 P 值均 < 0.05 ,说明两组的方差在该水平上均具有统计学意义,即不同的采集时间对山羊奶的蛋白质含量有显著影响。

3.1.3 转基因羊奶与非转基因羊奶蛋白质含量的结果及分析

根据 3.1.2 的方差分析结果对两种羊奶进行分组考察,将同一泌乳时间的转基因羊奶与非转基因羊奶进行比较,考察两者的差异性。例如,以 30 d 采集的转基因羊奶中的蛋白质含量数据为一组,30 d 采集的非转基因羊奶的含量为一组,进行成组 T 检验比较,依次类推。各组数据的均值、分布及比较结果分别如下图 1 及表 3:

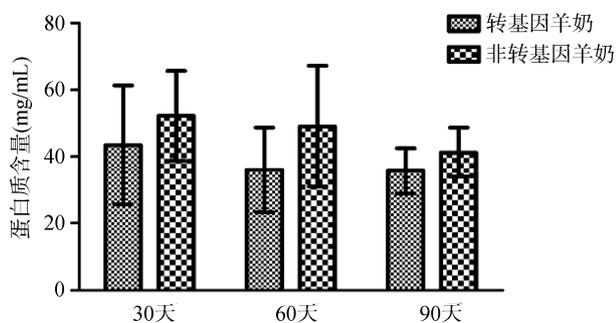


图 1 转基因羊奶和非转基因羊奶蛋白质含量结果

Fig. 1 Protein content of GMO& non-GMO goats' milk

由上表可知,30、60 d 及 90 d 采集的两种羊奶蛋白质含量 t 检验的 P 值均 < 0.05 ,即 3 个时间段分别采集的样本中,转基因羊奶及非转基因羊奶的蛋白质含量均存在显著性差异。

3.2 7 种必需氨基酸总量

3.2.1 氨基酸混合对照溶液典型色谱图

氨基酸混合对照溶液典型色谱图见图 2(A),转基因和非转基因羊奶水解后供试品溶液典型色谱图

见图 2(B)、图 2(C);各氨基酸峰均完全分离(分离度 R 在 1.55~29.93 之间),理论板数在 11508~224758 之间。

3.2.2 方法的重复性、线性范围、加样回收率及定量限

赖氨酸、苯丙氨酸、甲硫氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸及缬氨酸对照溶液重复进样 6 次的 RSD 分别为 1.1%、1.3%、1.3%、1.1%、1.2%、1.2%及 1.3%($n=6$)。三点加样回收率(80%、100%及 120%)平均值结果分别为 99.3%、100.0%、100.4%、99.7%、100.0%、100.0%及 100.1%,RSD%分别为 1.7、0.7、1.0、0.7、0.8、0.7 及 0.8($n=6$)。7 种氨基酸在 0.025~2.5 mmol/L 浓度范围内均呈良好线性关系,相关系数在 0.9996~1.0000 之间($n=5$)。最低定量限分别为 0.37、0.43、0.39、0.60、0.34、0.33、0.30 ng。

3.2.3 转基因羊奶与非转基因羊奶 7 种必需氨基酸总量的结果及分析

按 2.3.2 项下方法操作,测定 180 份样本水解后的必需氨基酸总量,采用与 3.1.3 项下的数据处理方法,分别对两种羊奶进行成组 T 检验,各组数据的均值、分布及比较结果分别见图 3 及表 4。

从上表可知,除 30 d 采集的两种羊奶中 7 种必需氨基酸总量 t 检验的 P 值略 > 0.05 ,两者无统计学意义外,60 d 及 90 d 采集的两种羊奶中必需氨基酸总量均存在显著性差异。

4 讨论

羊奶中含有多种蛋白质,是羊奶营养成分的主要来源。凯氏定氮法是测定蛋白质含量的经典方法。在该法中,样品的总氮量是样品中所有含氮物质(包括蛋白质及非蛋白质)产生的,而非蛋白质氮为其他含氮的非蛋白质物质产生。在 GB5009.5-2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[11]方法中,只对样品中总氮量进行检测,未测定其中非蛋白氮含量。从本试验的检测结果可知,羊奶中非蛋白氮的含

表 3 不同泌乳时间羊奶中蛋白质含量的结果比较($n=30$)

Table 3 Comparison results of protein content of goats' milk from different lactating days($n=30$)

时间(天)	转基因羊奶中蛋白质含量(g/L)($X \pm SD$)	非转基因羊奶中蛋白质含量(g/L)($X \pm SD$)	t 检验(P 值)
30	43.41 \pm 17.88	52.22 \pm 13.49	0.035
60	35.98 \pm 12.75	49.06 \pm 18.16	0.002
90	35.64 \pm 6.85	41.26 \pm 7.41	0.003

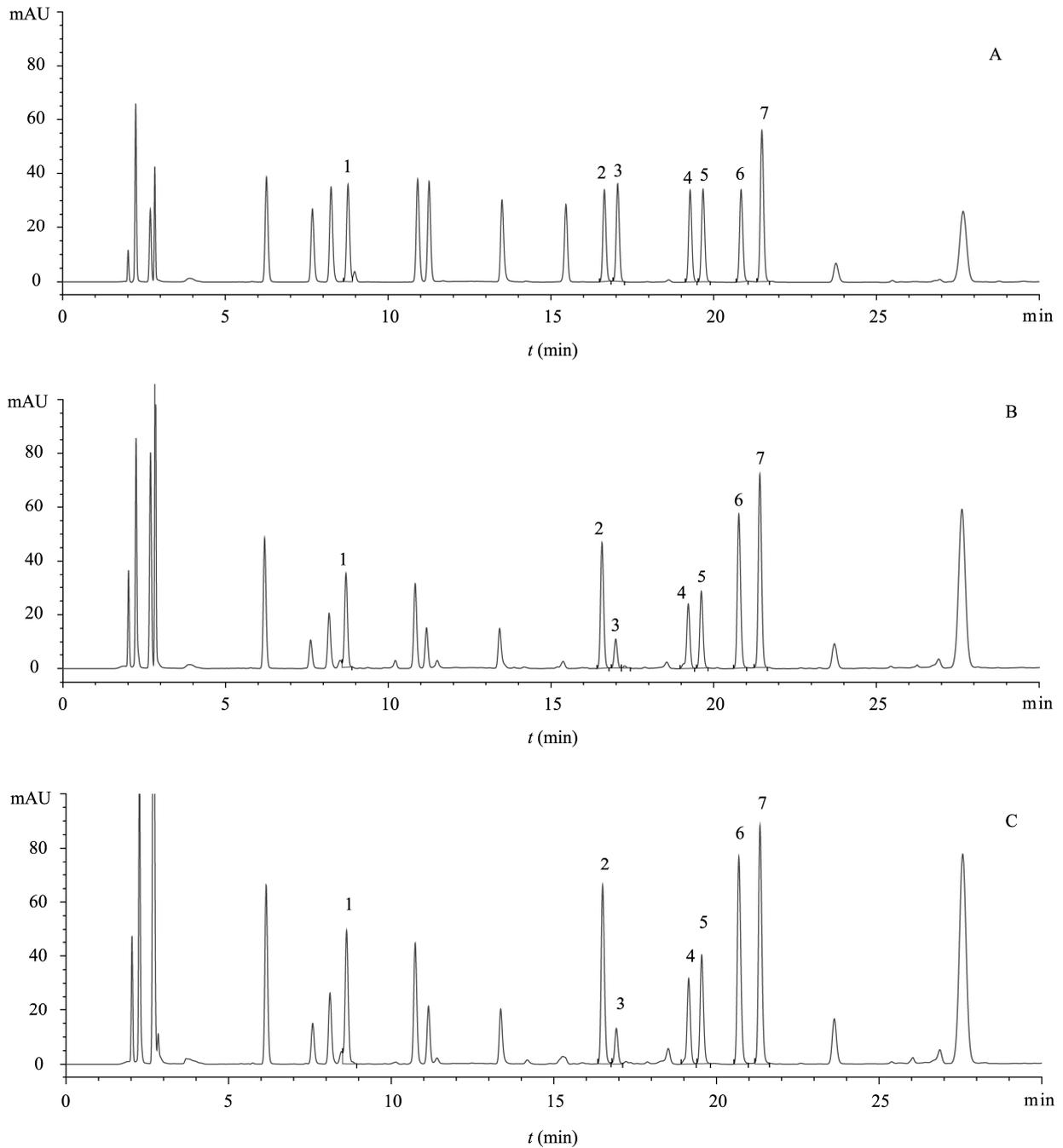


图 2 氨基酸混合对照溶液(A)、转基因山羊奶样品溶液(B)和非转基因山羊奶样品溶液(C)的色谱图

Fig. 2 Chromatogram of mixed amino acids reference(A)、GMO goats' milk sample (B) and non-GMO goats' milk sample (C)

1: 苏氨酸; 2: 缬氨酸; 3: 甲硫氨酸; 4: 苯丙氨酸; 5: 异亮氨酸; 6: 亮氨酸; 7: 赖氨酸。

表 4 不同泌乳时间山羊奶中必需氨基酸总量的结果比较(n=30)

Table 4 Comparison results of EAA amount of goats' milk from different lactating days(n=30)

时间(天)	转基因山羊奶中必需氨基酸总量(g/L)(X±SD)	非转基因山羊奶中必需氨基酸总量(g/L)(X±SD)	t 检验(P 值)
30	17.73±7.42	21.38±6.73	0.051
60	14.91±4.10	21.39±7.54	0.000
90	14.78±2.75	18.09±2.98	0.000

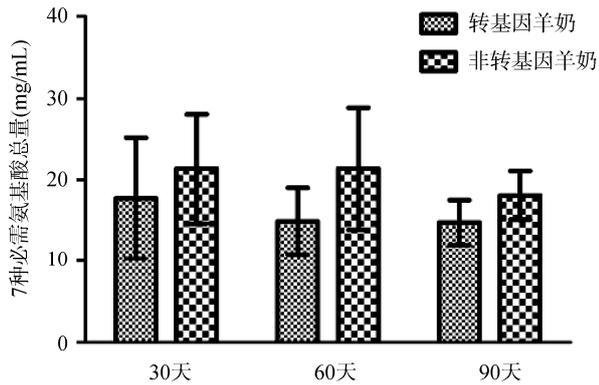


图3 转基因羊奶及非转基因羊奶7种必需氨基酸总量结果
Fig. 3 Total amount of 7 kinds' EAA of GMO& non-GMO goats' milk

量为0.3~0.6 g/L, 约为总氮量的8%~10%, 对结果会引入误差。本试验分别对总氮量和非蛋白质氮进行测定, 总氮量中减去非蛋白质氮后, 再换算为蛋白质含量, 这一方法与国标中的方法比较, 更为严谨科学。从回收率测定结果来看, 本方法准确性良好。

氨基酸检测原理是采用酸水解法, 将样品中的蛋白质水解为氨基酸后再衍生用反相液相色谱法来分离测定。水解得到的多种氨基酸中, 必需氨基酸有较高的营养价值。试验采用的酸水解法对色氨酸有破坏作用, 因此, 本试验对除色氨酸外的其他7种必需氨基酸总量进行了测定。

本文对羊奶的主要营养成分蛋白质含量及人体自身不能合成的必需氨基酸总量进行了检测分析。对泌乳30、60、90 d采集的转基因羊奶与非转基因羊奶的蛋白质含量的比较分析结果表明, 上述三个时间段中非转基因羊奶中蛋白质含量均显著高于转基因羊奶, 均存在显著性差异。而在7种必需氨基酸总量的检测中, 除两种羊奶泌乳30 d样品无统计学差异外, 泌乳60 d及90 d样品中, 转基因羊奶与非转基因羊奶均存在显著性差异。转基因山羊引入了人乳铁蛋白基因, 其羊奶初乳中目的蛋白表达量为0.8 g/L^[8], 仅占蛋白质总量的2%左右, 不是造成蛋白质表达差异和必需氨基酸总量差异的主要原因, 造成差异的可能原因是由于山羊基因组内引入了人乳铁蛋白基因, 该基因的表达和调控会影响乳腺细胞产生的其他各类蛋白质的合成与分泌, 造成羊奶中各类蛋白质的种类或含量发生变化, 最终表现为蛋白质含量和必需氨基酸总量的差异。本课题组还将采用蛋白质

组学技术通过基质辅助激光解析电离-飞行时间质谱(MALDI-TOF-TOF)手段对两种羊奶的蛋白质谱图做进一步的比较研究^[13]。

参考文献

- [1] 胡源媛, 张守文. 乳铁蛋白的功能特性及其国内外的应用情况[J]. 中国乳品工业, 2005, 33(12): 31-35.
Hu YY, Zhang SW. Functional properties of Lactoferrin and the application of Lactoferrin in domestic, overseas regions [J]. China Dairy Ind, 2005, 33(12): 31-35.
- [2] Zhao J, Xu J, Wang J, *et al.* Nutritional composition analysis of meat from human lactoferrin transgenic bulls [J]. Anim Biotechnol, 2013, 24(1): 44-52.
- [3] 王二先, 徐旭俊, 苗晋峰, 等. 转入乳铁蛋白基因山羊乳对大鼠生长及代谢机能的影响[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(2): 119-123.
Wang EX, Xu XJ, Miao JF, *et al.* Effect of transgenic human lactoferrin goats' milk on growth and metabolic performance in rats [J]. J Nanjing Agr Univ, 2011, 34(2): 119-123.
- [4] 林慧, 赵明涛, 张玉玲, 等. 转入乳铁蛋白cDNA山羊胎儿成纤维细胞系的建立[J]. 农业生物技术学报, 2008, 16(3): 436-442.
Lin H, Zhao MT, Zhang YL, *et al.* Establishment of human lactoferrin cDNA transgenic caprine fetal fibroblast cell lines [J]. J Agr Biotechnol, 2008, 16(3): 436-442.
- [5] 张玉玲, 张晶晶, 刘风军, 等. 转入乳铁蛋白基因山羊乳腺上皮细胞的体外诱导表达[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 15743-15745.
Zhang YL, Zhang JJ, Liu FJ, *et al.* Induced expression in vitro of goat mammary gland epithelial cell of transgenic human lactoferrin [J]. J Anhui Agr Sci, 2009, 37(32): 15743-15745.
- [6] 赵春江, 刘兆良, 樊宝良, 等. 人乳铁蛋白转基因研究进展[J]. 农业生物技术学报, 2004, 12(4): 470-475.
Zhao CJ, Liu ZL, Fan BL, *et al.* Study Progress of Human Lactoferrin Transgene [J]. J Agr Biotechnol, 2004, 12(4): 470-475.
- [7] Yu H, Chen J, Sun W, *et al.* The dominant expression of functional human lactoferrin in transgenic cloned goats using a hybrid lactoferrin expression construct [J]. Biotechnol, 2012, 161(3): 198-205.
- [8] Zhang J, Li L, Cai Y F, *et al.* Expression of active recombinant human lactoferrin in the milk of transgenic goats [J]. Pro Exp Purif, 2008, 57: 127-135.
- [9] 毛新志. “实质等同性”原则与“转基因食品”的安全性[J]. 科学学研究, 2004, 22(6): 578-582.
Mao XZ. The principle of substantial equivalence and safety of

- genetically modified foods [J]. *Stud Sci Sci*, 2004, 22(6): 578–582.
- [10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 二部. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
- National Pharmacopoeia Committee. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* [M]. Beijing: China Medicine Science And Technology Press, 2010.
- [11] GB5009.5-2010 食品中蛋白质的测定[S].
GB5009.5-2010 Determination of protein in foods [S].
- [12] 郑璐侠, 邵泓, 陈钢, 等. 柱前衍生 RP-HPLC 内标法同时检测 13 种氨基酸和牛磺酸的研究[J]. *中国医药工业杂志*, 2008, 39(8): 610–612.
- Zhen LX, Shao H, Chen G, *et al.* Determination of Thirteen Amino Acids and Taurine by HPLC with Pre-column Derivatization [J]. *Chin J Pharm*, 2008, 39(8): 610–612.
- [13] 潘映红. 蛋白质组学在转基因生物检测和中的应用前景 [J]. *中国农业科技导报*, 2010, 12(1): 31–34.

Pan YH. Application prospects of proteomics in detection and study of genetically modified organisms [J]. *J Agr Sci Technol*, 2010, 12(1): 31–34.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



邵泓, 主任药师, 主要研究方向为生化药品质量控制与研究。
E-mail: sally_holly88@sina.com



范国荣, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为药物质量控制与研究。
E-mail: guorfan@163.com

“果蔬保健成分及采后质量与安全控制”专题征稿

果蔬产品是人类日常生活的必需品, 事关人类的营养和健康安全。各种采后因素对果蔬产品的营养和质量安全有很大影响, 对其在生产阶段和加工、包装、储运等采后阶段进行质量安全风险控制, 建立和完善符合中国国情的农产品冷链物流, 制定高效、可靠、便捷、低成本的农产品追溯系统显得越来越必要和紧迫。

鉴于此, 《食品安全质量检测学报》特别策划了“果蔬保健成分及采后质量与安全控制”专题, 由渤海大学化学化工与食品安全学院和沈阳农业大学食品学院的冯叙桥教授担任专题主编, 围绕果蔬安全质量控制理论与技术、化学危害等各类危害控制、果蔬生理代谢变化的体系和微生物病害变化体系的动态监测、果蔬加工过程质量控制、不同加工方式对果蔬品质的影响、果蔬加工过程有害物在线监测与控制、果蔬品质识别技术、加工过程关键控制点数字化在线实时分析技术、果蔬营养保健成分提取、功能鉴别、果蔬加工过程质量与安全管理等或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2013 年 12 月份出版。

本刊编辑部及冯教授特邀请各位专家为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2013 年 10 月 10 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部